

电 工 原 理

习 题 集 解 答

张升平 编
朱培钧

中 国 铁 道 出 版 社

1980年·北京

电工原理习题集解答

张升平 编
朱培钧 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 张冲

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

升本: $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ 印张: 9.75 字数: 222 千

1980年9月第1版 1980年9月第1次印刷

印数: 0001—400,000 册 定价: 0.70 元

目 录

第一章 电路的基本概念	1
思考题	1
习题	3
第二章 简单直流电路的计算	10
思考题	10
习题	16
第三章 复杂直流电路的分析方法	46
思考题	46
习题	49
第四章 电容器	82
思考题	82
习题	84
第五章 磁场和磁路	93
思考题	93
习题	96
第六章 电磁感应	109
思考题	109
习题	114
第七章 正弦交流电路的基本概念	128
思考题	128
习题	133
第八章 正弦交流电路的符号法	154
思考题	154

习题	162
第九章 谐振	193
思考题	193
习题	198
第十章 互感耦合电路及变压器	220
思考题	220
习题	225
第十一章 三相电路	241
思考题	241
习题	247
第十二章 非正弦周期讯号	263
思考题	263
习题	270
第十三章 过渡过程	287
思考题	287
习题	290

第一章 电路的基本概念

思 考 题

1-1 答 电路是由电源、负载和连接导线组成的。电源供给电能，例如蓄电池、发电机等；负载把电能转换为其它形式能量，例如电阻器、电动机等；导线则将电源和负载连接起来组成电路，把电能输送给负载。

1-2 答 电路在电力系统中所起的作用是传输与转换电能；在电信系统中主要是传输信息。

1-3 答 电子管灯丝通电加热以后，阴极 c 发射的电子被屏极 a 吸收，形成电子流。但电流的方向是正电荷移动的方向，它与电子运动的方向相反，因此在 R_a 上的电流 I 的方向如图 1-1 所示。

1-4 答 导体内的带电质点，在运动过程中不断地相互碰撞，并且还与导体的分子相碰撞。因此，导体对于所通过的电流呈现出一定的阻力，这种阻力称为导体的电阻。

导体电阻的数值是随着温度的变化而改变的。这是由于构成导体物质的分子的热运动发生了变化的缘故。当金属导

体的温度升高时，组成导体物质的分子接受热能加速了热运动，使自由电子在传导过程中与分子碰撞的次数增多，受到

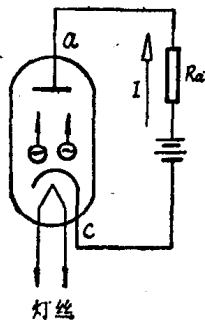


图 1-1

的阻力增加。因此，金属导体的电阻随温度的升高而增大。

1-5 答 欧姆定律是用来说明导体的电压、电流及电阻值之间所具有的基本关系的。欧姆定律指出：导体中的电流 I 与导体两端电压 U 成正比，与导体的电阻 R 成反比。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

欧姆定律的应用范围，受电路的性质限制，它仅适用于线性电路。

1-6 答 电流所做的功叫做电功，又叫电能（电流做功的本领）。单位时间内电流所做的功叫做电功率。电功率 P 的数值等于电压 U 与电流 I 的乘积

$$P = UI$$

如果电压 U 的单位为伏 (V)，电流 I 的单位为安 (A)，则电功率 P 的单位为瓦 (W)。在电力工程中，电功率 P 的单位常用千瓦来表示，在电信工程中，常用瓦或毫瓦来表示。

电功的单位为焦 (J)，日常生活中常用千瓦时 (kWh，俗称度) 为单位。它们之间的换算为1千瓦时 = 3.6×10^6 焦。

1-7 答 公式 $P = I^2 R$ 和 $P = U^2 / R$ 是用来计算电路处于不同情况下，在电阻 R 上所消耗的电功率 P 。前者说明，当通过电阻 R 的电流 I 一定时，电功率 P 与电阻 R 成正比，此时电阻 R 越大，消耗的电功率 P 越多；后者说明，当加在电阻 R 两端的电压 U 一定时，电功率 P 与电阻 R 成反比，此时电阻 R 越大，消耗的电功率 P 越少。

1-8 答 因为常用的电灯泡两端额定电压相同，应根据公式 $P = U^2 / R$ 来计算电功率。所以当额定电压相同时，电灯泡额定功率大的电阻小；额定功率小的电阻大。

1-9 答 已知电源电压 U 稳定输出30伏,设备最大容量 P 为1000瓦。

根据公式 $P=UI$ 可计算出当电源电压 U 稳定输出30伏时,1000瓦稳压电源允许的最大输出电流为

$$I_{\text{最大}} = \frac{1000}{30} = 33.3 \text{ 安}$$

若该稳压电源只接一台30伏、300瓦的负载,则要求稳压电源输出电流 $I = \frac{300}{30} = 10$ 安。此时设备中的电流值小于稳压电源允许的最大输出电流值,所以该设备不会烧坏。

1-10 答 电气设备的两端被电阻很小的导线直接连起来,就叫该设备被“短路”。假如,被短路的设备是电源,或是电路中唯一的负载,则此时电流将远远超过电源或传输导线允许的限度,以致烧坏电源或设备,这是绝对不行的。因此,一般在电路中串入熔断器(保险丝)来进行保护。

习 题

1-1 已知 铜导线的长度 $l=0.5$ 米,截面积 $S=1.5$ 毫米²,温度 $T=20^{\circ}\text{C}$ 。

求 导线的电阻 R 。

解 根据导线电阻计算公式 $R=\rho\frac{l}{S}$,查《电工原理》第8页表1—1。得知铜导线在 20°C 时,电阻率 $\rho=0.0172$ 欧·毫米²/米。则

$$\begin{aligned} R &= \rho \frac{l}{S} = 0.0172 \times \frac{0.5}{1.5} \\ &= 0.00573 \text{ 欧} \end{aligned}$$

1-2 已知 铜导线的长度 $l=100$ 米,截面积 $S=0.1$ 毫米²,温度 $T_2=50^{\circ}\text{C}$ 。

求 导线电阻 R_2 。

解 先求出在常温条件下 ($T_1 = 20^\circ\text{C}$) 的电阻 R_1 ,

$$R_1 = \rho_1 \frac{l}{S} = 0.0172 \times \frac{100}{0.1} = 17.2 \text{ 欧}$$

再根据公式 $R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$ 计算当温度 $T_2 = 50^\circ\text{C}$ 时的导线电阻 R_2 。从《电工原理》第8页表1—1可以查出铜导线的电阻温度系数为 $\alpha = 0.0041(1/^\circ\text{C})$, 则

$$\begin{aligned} R_2 &= R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)] \\ &= 17.2 \times [1 + 0.0041 \times (50 - 20)] \\ &= 17.2 \times 1.123 = 19.3 \text{ 欧} \end{aligned}$$

1-3 已知 漆包铜线的直径 $D = 0.16$ 毫米, 线圈的匝数 $n = 2400$ 匝, 每匝的平均长度 $l_0 = 38$ 毫米。

求 线圈的电阻 R 。

解 绕制线圈所用导线的总长度为

$$\begin{aligned} l &= nl_0 = 2400 \times 38 = 91200 \text{ 毫米} \\ &= 91.2 \text{ 米} \end{aligned}$$

根据计算铜导线截面积的公式, 可得

$$S = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3.14}{4} \times (0.16)^2 = 0.02 \text{ 毫米}^2$$

所以线圈电阻 (以常温计) 为

$$\begin{aligned} R &= \rho \frac{l}{S} = 0.0172 \times \frac{91.2}{0.02} \\ &= 0.0172 \times 4560 = 78.4 \text{ 欧} \end{aligned}$$

1-4 已知 当环境温度 $T_1 = 20^\circ\text{C}$ 时, 电动机绕组的电阻 $R_1 = 0.15$ 欧, 在电动机温度升高为 T_2 后, 绕组的电阻变为 $R_2 = 0.17$ 欧。

求 电动机的工作温度 T_2 。

解 根据公式 $R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$ 可以推导出 $T_2 =$

$\frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} + T_1$, 查《电工原理》第8页表1—1可得铜导线电阻温度系数 $\alpha = 0.0041 (1/^\circ\text{C})$, 则

$$T_2 = \frac{0.17 - 0.15}{0.0041 \times 0.15} + 20 = 52.5^\circ\text{C}$$

1-5 已知 电源电压 $E = 3$ 伏, 电珠电阻 $R = 8.5$ 欧。

求 通过电珠的电流 I 。

解 根据欧姆定律

$$I = \frac{E}{R} = \frac{3}{8.5} = 0.353 \text{ 安}$$

1-6 已知 晶体管放大电路中的负载电阻 $R_c = 4700$ 欧, 集电极静态电流 $I_c = 2$ 毫安。

求 电阻 R_c 上的电压 U_c 。

解 根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$, 可得

$$U_c = I_c R_c = 2 \times 10^{-3} \times 4700 = 9.4 \text{ 伏}。$$

1-7 已知 电炉丝的电阻率 $\rho = 1.4$ 欧·毫米²/米, 截面积 $S = 0.636$ 毫米², 接在 $U = 220$ 伏电源上, 电流 $I = 4.55$ 安。

求 电炉丝的电阻 R 及其长度 l 。

解 根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$, 可得电炉丝的电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4.55} = 48.4 \text{ 欧}$$

又根据导体电阻计算公式 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可推导出 $l = \frac{RS}{\rho}$, 所以电炉丝的长度为

$$l = \frac{48.4 \times 0.636}{1.4} = \frac{30.8}{1.4} = 22 \text{ 米}$$

1-8 已知 二极管的两组电压、电流数据如下:

U (V)	0	0.3	0.4	0.5
I (mA)	0	5	10	50

U (V)	0	-0.2	-0.6	-1	-5
I (μ A)	0	-1	-1.8	-2	-2

求 画出它们的伏安特性曲线。

解 根据两组电压、电流数据, 分别绘制如图 1-2 (a)、(b) 所示。

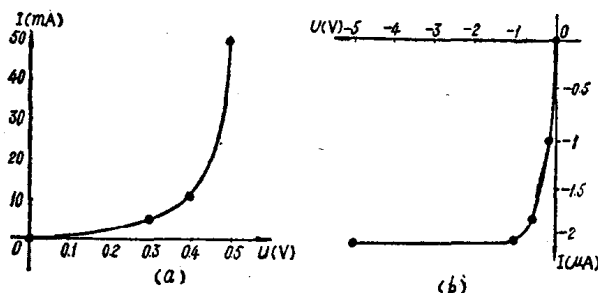


图 1-2

1-9 已知 送话器的电阻 $R_1 = 60$ 欧, 由电源 $E = 3$ 伏供电, 当有人讲话时它的电阻 $R_2 = 50$ 欧。

求 送话器中电流变化量 ΔI 。

解 根据欧姆定律, 可以计算出送话器在无人讲话时和有人讲话时的电流值分别为

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{3}{60} = 0.05 \text{ 安} = 50 \text{ 毫安}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{3}{50} = 0.06 \text{ 安} = 60 \text{ 毫安}$$

通过送话器的电流变化量 ΔI 则为

$$\Delta I = I_2 - I_1 = 60 - 50 = 10 \text{ 毫安}$$

1-10 已知 图 1-3 所示的电路中, 电源电压 $E = 20$ 伏, 通过二极管的额定电流 $I_{\text{额}} = 100$ 毫安。

求 电路的限流电阻 R 及额定功率 P 。

解 当电位器 W 的滑动触头移至最上端时, 二极管所承受的电压最高, 为电源电压 E 。限流电阻 R 应保证此时电流 I 不超过二极管的额定电流 $I_{\text{额}}$ 。根据欧姆定律, 限流电阻 R 为

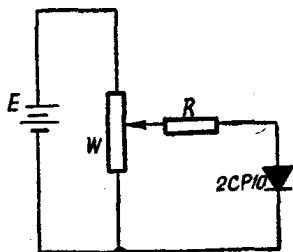


图 1-3

$$R = \frac{E}{I} = \frac{20}{0.1} = 200 \text{ 欧}$$

根据功率计算公式 $P = I^2 R$, 电阻的额定功率为

$$P = I^2 R = 0.1^2 \times 200 = 2 \text{ 瓦}$$

1-11 已知 直流发电机的工作电压 $U = 130$ 伏, 输出电流 $I = 10$ 安。

求 直流发电机的输出功率 P 。

解 根据功率计算公式 $P = UI$, 可得直流发电机的输出功率 P 为

$$P = UI = 130 \times 10 = 1300 \text{ 瓦}$$

1-12 已知 电炉的电阻 $R = 20$ 欧, 电源电压 $U = 220$ 伏, 使用时间 $t = 4$ 小时。

求 电炉的耗电度数。

解 根据电能计算公式 $W = Pt = \frac{U^2}{R} t$, 可得出电炉

的耗电度数为

$$W = \frac{U^2}{R} t = \frac{220^2}{20} \times 4 = 2420 \times 4 \\ = 9680 \text{瓦小时} = 9.68 \text{千瓦小时 (度)}$$

1-13 已知 电视机的额定功率 $P = 25$ 瓦，每日使用时间 $t = 3$ 小时，电价是 0.16 元/度。

求 每月电费。

解 电视机每天消耗的电能 $W_{\text{天}}$ 为

$$W_{\text{天}} = P t = 25 \times 3 = 75 \text{瓦小时} \\ = 0.075 \text{千瓦小时 (度)}$$

每月按 30 天计算，消耗的电能 $W_{\text{月}}$ 为

$$W_{\text{月}} = W_{\text{天}} \times 30 = 0.075 \times 30 = 2.25 \text{度}$$

每月电费为

$$2.25 \times 0.16 = 0.36 \text{元}$$

1-14 已知 线路中的保险丝的熔断电流 $I = 5$ 安，现将 220 伏、1000 瓦或 220 伏、1500 瓦的用电负载接入线路。

求 在以上不同负载时，保险丝是否会熔断？

解 根据功率计算公式 $P = UI$ ，可推导出负载电流 $I = \frac{P}{U}$ 。

接入 1000 瓦的负载时，电流 I_1 为

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{1000}{220} = 4.55 \text{安}$$

$I_1 = 4.55$ 安小于保险丝熔断电流 I ，所以保险丝不会熔断。

接入 1500 瓦的负载时，电流 I_2 为

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{1500}{220} = 6.82 \text{安}$$

因 $I_2 = 6.82$ 安大于保险丝的熔断电流 I ，故保险丝将被熔断。

1-15 已知 电源电压 $U = 220$ 伏, 电炉的电阻丝每米电阻为 4.46 欧 (20°C), 电阻校正系数 $R_t/R_{20} = 1.03$, 在 $t = 0.5$ 小时内把 2.5 公斤的水从 10°C 加热到 100°C , 电炉本身和水壶加热以后由于空气散热所损失的热量为 40% 。

求 电炉丝的长度 l 。

解 根据把质量为 m 克的水温升高 $\Delta T^{\circ}\text{C}$ 所需的热量计算公式 $Q_{\text{水}} = Cm\Delta T$ (式中 C 为水的比热等于 1 卡/克 $^{\circ}\text{C}$)，先计算将 2.5 公斤的水升高到 100°C 时所需的热量为

$$Q_{\text{水}} = Cm\Delta T = 1 \times 2500 \times (100 - 10) \\ = 225000 \text{ 卡}$$

但此数值仅是总热量 Q 的 60% ，故总热量为

$$Q = \frac{Q_{\text{水}}}{60\%} = \frac{225000}{0.6} = 375000 \text{ 卡}$$

要求电炉在 0.5 小时内产生的热量应与之相等。先将 0.5 小时换算为秒，即 $t' = 1800$ 秒。根据公式 $Q = 0.24Pt'$ ，推导出电炉消耗的功率 P 为

$$P = \frac{Q}{0.24t'} = \frac{375000}{0.24 \times 1800} = 868 \text{ 瓦}$$

在电压一定的条件下，电功率的计算公式为 $P = \frac{U^2}{R}$ ，则可求得电炉电阻为

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{868} = \frac{48400}{868} = 55.8 \text{ 欧}$$

因为电炉的电阻丝当温度为 20°C 时，其单位长度的电阻 $R_{20} = 4.46$ 欧/米，在高温时数值增大为 $R_t = 1.03R_{20} = 1.03 \times 4.46 = 4.59$ 欧/米，所以电炉电阻丝的长度 l 为

$$l = \frac{R}{R_t} = \frac{55.8}{4.59} = 12.2 \text{ 米}$$

第二章 简单直流电路的计算

思 考 题

2-1 答 两个以上的电阻依次连接,组成无分支电路,通过同一电流,叫电阻的串联。

串联电路中各电阻上的电压与它们的阻值成正比;即阻值越大,所分配的电压越高。

2-2 答 闭合电路的电源端电压与电源电压不同。因闭合电路中有电流通过,此时电源端电压 U 等于电源电压 E 减去电流 I 在电源内阻 R_i 上的电压降,其关系式为

$$U = E - IR_i$$

只有当外电路不接负载(开路),电路中电流等于零时,电源端电压才等于电源电压。

2-3 答 表示电源端电压 U 与输出电流 I 之间的关系曲线图形,称为电源的外特性曲线。理想电压源的内阻等于零,端电压不随负载电流不同而变化,它的外特性曲线为一平行于横轴(电流轴)的直线。

2-4 答 电阻两端及安培表两端极性标明如图2-1所示。

因为串联电路中各处的电流都相同,故安培表 A_1 和 A_2 的读数相等。由于外电路中电

流总是从高电位点流向低电位点,所以 B 点电位最高, C 点次之, D 点电位最低。

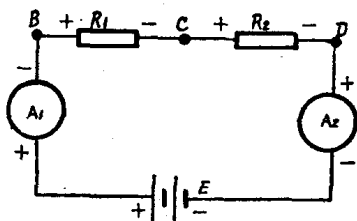


图 2-1

2-5 答 两个以上电阻接在相同两点之间, 承受同一电压, 叫电阻的并联。

电阻并联时, 流经各电阻的电流与它们的阻值成反比; 即阻值越大, 所分配的电流越少。

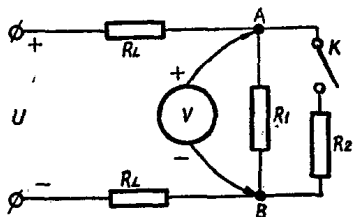


图 2-2

2-6 答 在图 2-2 所示的电路中, 若把开关 K 闭合, 则将发生下列变化:

(1) 在 AB 两点间, 将电阻 R_2 并入电路, 因此 AB 间的等效电阻 $R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 数值减小,

(2) 由于 R_{AB} 减小, 电路的总电阻 $R = R_i + R_{AB} + 2R_L$ 也减小 (式中的 R_i 是电源内阻), 电路的总电流 (即流经 R_L 中的电流) $I = \frac{E}{R}$ 则增大。 A 、 B 两点间的电压 $U_{AB} = U - 2IR_L = E - IR_i - 2IR_L$ (因 $U = E - IR_i$), 式中的电源电压 E 、内阻 R_i 和线路电阻 R_L 都不变。当 I 增大时, 显然 U_{AB} 将减小, 而且负载 R_1 支路中的电流 $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$ 亦将减小;

(3) 根据以上分析, 由于 U_{AB} 将减小, 因此伏特表的读数亦减小。如果线路电阻 R_L 及电源内阻 R_i 可以忽略不计, 则 AB 两端电压 U_{AB} 等于电源电压 E , 其数值不因 R_{AB} 的变化而改变。所以, 伏特表的读数将保持不变。

2-7 答 在图 2-3 所示的电路中, 若将开关 K 断开, 电路中没有电流流过, 此时伏特表 V 的读数表示电源电压值。

如果合上开关 K , 负载被接入电路, 这时伏特表 V 的读

数表示电源端电压值；安培表 A 的读数表示电路的总电流值；而安培表 A_1 由于接在 R_1 的分支电路中，因此它的读数表示该支路的电流值。

2-8 答 据图 2-4，可以判断：装置 (a)、(d) 是消耗能量的，因为电流 I 的正方向与电压 U 的正方向相同，所以这两个装置是起负载的作用；装置 (b)、(c)

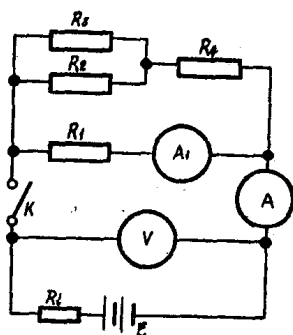


图 2-3

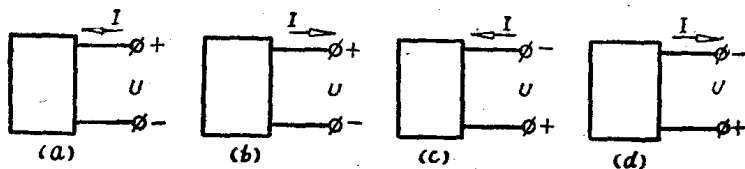


图 2-4

是供给能量的，因为电流 I 的正方向与电压 U 的正方向相反，所以这两个装置是起电源的作用。

2-9 答 三只阻值均为 R 的电阻，可以组成如图 2-5 所示的四种连接方式。

在图 2-5 (a) 中，三只电阻并联， AB 间等效电阻 R_{AB} 为

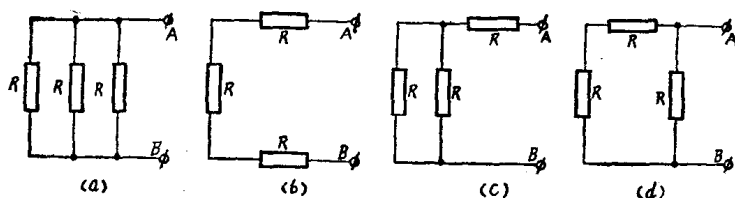


图 2-5

$$R_{AB} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{3}$$

在图 2—5 (b) 中, 三只电阻串联, AB 间等效电阻 R_{AB} 为

$$R_{AB} = R + R + R = 3R$$

在图 2—5 (c) 中, 两只电阻并联后与另一只电阻串联, AB 间等效电阻 R_{AB} 为

$$R_{AB} = \frac{RR}{R+R} + R = \frac{3}{2}R$$

在图 2—5 (d) 中, 两只电阻串联后与另一只电阻并联, AB 间等效电阻 R_{AB} 为

$$R_{AB} = \frac{(R+R)R}{R+R+R} = \frac{2}{3}R$$

2-10 答 用串联电阻的办法可以扩大电表的电压量限, 是因为根据串联电阻的分压关系, 与表头串联的电阻可以降去一部分电压。当表头内阻和所串联的降压电阻一定时, 根据欧姆定律及分压公式, 可以推算出表头中电流与被测电压成正比。因此, 只要将标度盘上的刻度按一定比例放大, 就能正确读出被测电压值, 从而扩大了电表的电压量限。

利用并联电阻的办法, 可以扩大电表的电流量限, 是因为根据并联电阻的分流关系, 与表头并联的电阻可以分去一部分电流。对于表头内阻和所并联的分流电阻一定时, 根据欧姆定律及分流公式, 可以推算出表头中电流与被测电流成正比。因此, 将电表标度盘的刻度按一定比例放大, 即可直接读出被测电流值, 从而扩大了电表的电流量限。

2-11 答 由于万用表内附有电池, 所以当用万用表的欧姆档测量二极管的极性时, 是利用表内电池作为电源